

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

**С. П. Пронин, А. Г. Зрюмова, Н. Н. Мерченко,  
Л. М. Башук, И. А. Гребенникова, А. Н. Каратеева**

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова  
г. Барнаул

Основной задачей аграрного сектора является повышение урожайности сельскохозяйственных культур, основываясь на использование современных технологий. Урожайность в значительной степени зависит от качества посевного материала, поэтому проблемы повышения посевных качеств семян и урожайности растений всегда актуальны.

Главными показателем посевных качеств семян является всхожесть, а также его сила роста.

К настоящему времени существуют несколько десятков методов определения посевных качеств семян, которые можно условно подразделить на три группы: физические, физиологические и биохимические. Одни методы являются прямыми и основываются на ответных реакциях на дополнительные нагрузки при проращивании семян, например, в среде из кирпичной или малахитовой крошки, крупного или обычного песка [1].

Другая большая группа методов - косвенные. Они основываются на показателях биохимических реакций, например, электропроводности вытяжек семян, интенсивности дыхания.

Говоря об этих методах определения качества семян, следует сказать, что это малопродуктивные, трудоемкие методы, а так же требующие использования дефицитных материалов, дорогостоящего и сложного оборудования. Главными недостатками большинства методов являются недостаточная воспроизводимость данных, отсутствие возможности унификации, поэтому они ограниченно пригодны для использования в семенном контроле при проведении массовых анализов.

Многочисленные научные исследования показали, что наиболее рациональным методом определения качества семян является электрофизический метод контроля всхожести, основанный на контроле потенциала действия зерна пшеницы [2].

Под потенциалом действия обычно понимают изменение мембранного потенциала, возникающее при возбуждении клеток. В

клетке растения, так же как в нервной или мышечной клетке животного, между внутренней и наружной поверхностями мембраны имеется разность потенциалов, обусловленная различным ионным составом внутриклеточной и внеклеточной сред. При раздражении растения изменяется проницаемость клеточных мембран для ионов калия и натрия. За счет нарушения равновесия в распределении зарядов возникает пик мембранного потенциала, который в виде электрического импульса распространяется вдоль поверхности клеток. Последующий выход из клеток ионов калия возвращает мембранный потенциал к равновесию.

Поврежденное место в тканях растений всегда заряжается отрицательно относительно неповрежденных участков, а отмирающие участки растений приобретают отрицательный заряд по отношению к участкам, растущим в нормальных условиях. Заряженные семена культурных растений имеют сравнительно высокую электропроводность и поэтому быстро теряют заряд. Длительность потенциала действия может достигать нескольких десятков секунд, и он может распространяться от одной клетки к другой так же, как это происходит с нервным импульсом, но с гораздо меньшей скоростью.

Так как потенциал действия является универсальным сигналом, который несет определенную информацию о внутренних свойствах растения, изменение потенциала действия клеточной мембраны имеет ряд свойств, которые могут быть использованы в качестве отличительных признаков для контроля всхожести зерен пшеницы [4].

Значение возникающего потенциала на мембране можно описать формулой Нернста:

$$E_i = \frac{RT}{Z_i F} \ln \frac{C_{Bi}}{C_{Hi}}, \quad (1)$$

где  $E_i$  – разность потенциалов на мембране,  $F$  – число Фарадея,  $R$  – газовая постоянная,  $T$  – температура,  $C_{Hi}$  – концентрация ионов снаружи клетки,  $C_{Bi}$  – концентрация ионов внутри клетки,  $Z_i$  – валентность  $i$ -того иона.

Данная формула позволяет определить воздействие температуры на результаты экспериментов. Примем за постоянную в формуле (1):

$$C_0 = \frac{R}{Z_i F} \ln \frac{C_{Bi}}{C_{Hi}}$$

В результате получим уравнение, которое дает возможность оценить условия эксперимента по стабилизации температуры:

$$E_i = C_0 T.$$

Согласно теории ошибок погрешность измерения потенциала  $\Delta E_i$  в зависимости от изменения температуры составит:

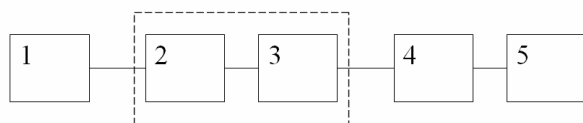
$$\Delta E_i = C_0 \frac{\partial T}{\partial T} \Delta T = C_0 \Delta T, \quad (2)$$

а относительное значение изменения потенциала действия будет равно:

$$\delta E_i = \frac{\Delta E_i}{E} \cdot 100\% = \frac{\Delta T}{T} \cdot 100\%, \quad (3)$$

На основе формулы (3) решается задача о возможно допустимом изменении температуры. Чтобы изменение потенциала не превышало 2% при 25°C, необходимо обеспечить стабильность температуры при проведении эксперимента в 0,5°C. В противном случае встает необходимость применять способы дополнительной стабилизации температуры.

Для исследования изменения потенциала действия от всхожести семян пшеницы использовали программно-аппаратный комплекс на основе платы сбора данных ЛА-50USB.



Условные обозначения:

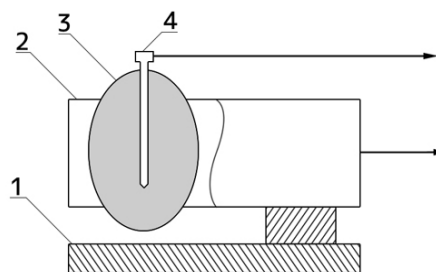
- 1 – держатель зерна с электродами;
- 2 – низкочастотный фильтр;
- 3 – операционный усилитель;
- 4 – плата сбора данных;
- 5 – персональный компьютер

Рисунок 1 – Структурная схема экспериментальной установки

Для подключения зерна к измерительной установке применяли специальные регистрирующие электроды. Первый электрод выполнен в виде зажима с углублениями на каждой из сторон для более плотного контакта с по-

верхностью зерна и закреплен на текстолитовой площадке. Этот электрод крепится к зерну снаружи. Помимо своей основной функции он выполняет функцию фиксатора зерна. Второй электрод выполнен в форме тонкой иглы, длиной 4 мм. Длина зерновки очень мала и составляет 6 – 9 мм. Электрод помещался внутрь зерна, а именно, в одну из семядолей. Оба электрода выполнены из одинакового материала – стали. Схема держателя зерна с измерительными электродами представлена на рисунке 2.

Перед проведением экспериментов семена размещаются на специальной матрице, выполненной из пенополиуретана (поролона), в течение 17 часов. Расстояние между зернами должно составлять не менее 15 мм. Матрицы с зернами помещаются в полиэтиленовые пакеты, оставляя открытым небольшой участок для доступа воздуха. Весь процесс замачивания должен проходить в темном месте, без доступа света, как того требует ГОСТ 12038–84.



Условные обозначения:

- 1 – подставка;
- 2 – электрод-зажим;
- 3 – зерно;
- 4 – электрод-игла

Рисунок 2 – Держатель зерна с измерительными электродами

Сбор данных осуществляется с помощью программы Saver, которая в течение заданного времени записывает сигнал с низкочастотных плат на диск. Программа позволяет устанавливать произвольное значение частоты дискретизации. Так как длительность потенциала действия растений составляет от нескольких секунд до десятков секунд, то установленное значение частоты дискретизации позволяет обеспечить запись процесса изменения ПД с высокой точностью, а также ограничивает размер файла с данными. После завершения работы происходит сохранение полученных данных в бинарные файлы с расширением .dat.

Для преобразования файлов с расширением .dat, содержащих результаты измерений, в файлы формата Microsoft Excel (.csv) используется специальная программа Converter. Converter предназначен для конвертирования бинарных .dat файлов, в которых записаны всевозможные сигналы, в .csv и .txt файлы. Настройка входного формата файла производится автоматически, на основании сопровождающего информационного файла, который генерируется программой Saver.

Результаты экспериментальных исследований потенциала действия для 40 зерен пшеницы отражены на рисунке 3.

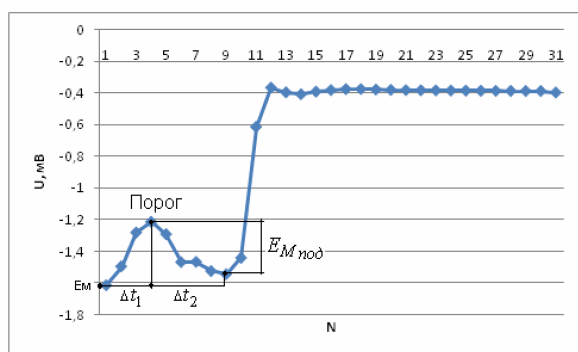


Рисунок 3 – Усредненное изменение потенциала действия за время 30 сек

Статистическая оценка полученных данных проводилась с использованием скользящего среднего. Скользящее среднее позволяет определить среднее значение данных за определенный промежуток времени и, таким образом, представляет собой метод сглаживания результатов измерений, накопленных за некоторый период. Скользящее среднее определяется следующим образом: в пределах диапазона измерений формируется «скользящее окно», которое перемещается дискретно через каждые 300 отсчетов, то есть через 1 сек. В каждом положении «скользящего окна» определяется среднее значение. Такое количество измерений выбрано исходя из задачи уменьшения вычислительных затрат.

## Вывод

В результате проведения экспериментов определен интервал времени между началом действия стимула на возбудимый объект и возникновением потенциала действия, так называемый латентный период.

Когда клетка находится в невозбужденном состоянии, ионы по разные стороны мембраны создают относительно стабильную разность потенциалов, называемую потенциалом покоя, который соответствует значению  $E_M$  [3].

Для генерации потенциала действия достаточно непродолжительного неразрушающего раздражения. Потенциалу действия предшествует незначительное изменение потенциала покоя – подпороговый потенциал ( $E_{M под}$ ). Величина  $E_{M под}$  незначительна и не приводит к дальнейшему нарастанию разности концентраций ионов по обе стороны клеточной мембраны.  $E_{M под}$  расположен в латентном периоде и имеет фазу нарастания  $\Delta t_0$  и фазу реполяризации  $\Delta t_2$ .

Продолжительность латентного периода зависит от способа нанесения раздражения и характера раздражителя, а также определяется условиями проведения эксперимента [3].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калимулин, А.Н. Влияние физических методов на посевные и урожайные свойства семян яровых зерновых культур / А.Н. Калимулин, Н.А. Неясов, С.В. Лазарев // Сб. науч. трудов к 75-летию Самарской СХИ., 1994. - 4 1. - 67-69 с.
2. Матлаев А.Г., Пронин С.П. Зависимость изменения потенциала действия зерна пшеницы от всхожести // Ползуновский Альманах. – 2009, - №2. – с.138 –139.
3. Матлаев А.Г., Пронин С.П. Метод и средство контроля всхожести семян пшеницы // Естественные и технические науки, №3, 2009. С.308 – 311.
4. Оприотов В.А., Пятыхин С.С. Биоэлектrogenез у высших растений. – М.: Наука, 1991. – 215с.